

宁波市常见藻华的现场快速诊断

赵洋甬, 赵建平, 陈元, 潘双叶, 徐运, 蒋蕾蕾
(宁波市环境监测中心, 浙江 宁波 315000)

摘要: 为了建立宁波市常见水华现场快速判断方法, 根据宁波市常见水华的表观特征以及在叶绿素荧光仪上的响应, 确定可能的水华优势种类, 从而达到现场快速判断的目的。进一步结合实验室得出的水华藻影响因子和毒性等相关参数, 得出水华的程度、可能的变化趋势和水源的安全性。结合水文、气象等其他影响因子, 及时更新宁波市藻华数据库和检索表, 可得出较为科学的判断结果。
关键词: 藻类水华; 特征; 现场; 诊断
中图分类号: X835 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-6732(2011)-02-0009-04

Rapid Diagnosis Method with Common Algae Bloom of Ningbo in Locale

ZHAO Yang-yong, ZHAO Jian-ping, CHEN Yuan, PAN Shuang-ye, XU Yun, JIANG Lei-lei
(Ningbo Environmental Monitoring Center, Ningbo, Zhejiang 315000, China)

ABSTRACT: According to the features of the common algae bloom in Ningbo and the response to PHYTO-PAM from samples, the most probable species in algae bloom is determined and the local rapid diagnosis methods of common algae bloom in Ningbo would be established. Furthermore, the seriousness and probable trends of algae bloom, and the security of water is estimated relating to the parameters such as significant factors and toxicity measured in laboratory. Scientific diagnosis results could be acquired by updating the database and keys of algae bloom in Ningbo, taking hydrological, weather and other impact factors into account.
KEY WORDS: algae bloom; features; locale; diagnosis

近年来,随着工农业的高速发展,大量污水被排入河流、湖泊等水体,从而引起水体富营养化等现象的发生。水体富营养化导致藻类异常增殖形成水华,使水体腥臭难闻,水中溶解氧减少,大量鱼类死亡,严重时还会影响饮用水水质安全,危害到周围居民的身体健康^[1-3]。能够引起水华的藻类有很多,根据其优势种类可以分为15个基本类型^[4]。

现场应急监测的紧迫性和时效性,要求监测人员能够快速判断水体异色的成因,确定污染的程度、发展趋势及危害,以便及时有效地采取必要措施。笔者根据近年来宁波市常见水华的特征,结合实验室分析结果,确立了一套宁波市常见藻华的现场快速诊断方法。

1 水体异色原因

导致水体异色的原因有很多,主要可以分为3类。第一,由水体中的某些化学有色物质引起,如印染废水、六价铬等有色离子、小颗粒物等;第二,

由浮水或小型挺水植物引起,如浮萍等;第三,由藻类的异常增殖引起,如微囊藻、甲藻、硅藻等。

通过pH值、DO、叶绿素等指标的现场检测,结合水体表观现象,可大致对异色原因进行定性分析,确定是否为藻类异常增殖所引起(表1)。

表1 水体异色原因初步检索表

- 1 (2) pH值, DO正常, 叶绿素示值较低
..... 化学污染物引起
- 2 (1) pH值, DO偏高或叶绿素示值较高
- 3 (4) 水面有漂浮物, 且有根茎叶分化
..... 浮水或挺水植物引起

收稿日期: 2010-04-16
作者简介: 赵洋甬(1983—), 男, 助理工程师, 本科, 从事环境监测工作。
基金项目: 择优委托社会发展项目(2008C50017)。

- 4 (3) 水面无漂浮物,或有漂浮物但无根茎叶分化
藻类异常增殖引起(水华)

2 宁波市常见水华及 PHYTO-PAM 响应

宁波地区近年来常见的水华主要由蓝藻、绿藻、硅藻、甲藻、隐藻 5 门 9 种的异常增殖所引起。水华发生时,水体颜色一般会产生一定变化,有时还会出现藻团、浮膜等^[5]。

2.1 蓝藻水华

宁波市常见的蓝藻水华主要有微囊藻水华、鱼腥藻水华、小席藻水华、尖头藻水华等。其他如微型蓝球藻、蓝纤维藻、颤藻、平裂藻等为优势种的水华现象在宁波地区尚未见报道。蓝藻水华发生(或有发生迹象)时,用叶绿素荧光仪(PHYTO-PAM)现场检测原水,经仪器自动分析后可在“BLUE”处看到一个较大的响应值(远大于“GREEN”和“BROWN”处的响应值)。

2.1.1 微囊藻水华

宁波地区发生频率最高、危害最大的蓝藻水华,常以铜绿微囊藻和水华微囊藻为优势种,主要发生在夏季。2007 年在宁波姚江流域、慈溪梅湖水库等地都爆发过大面积的微囊藻水华。该水华发生时,水体呈蓝绿或深绿色,常能明显观测到绿色颗粒物,严重时水面出现蓝绿色或者黄绿色浮膜。白天光照充足的时候,微囊藻分层现象非常明显,水面下 0~0.5m 的表层至亚表层水体中的浓度远高于底层。

2.1.2 鱼腥藻水华

春季或夏季的封闭型湖库和池塘中常见鱼腥藻水华,宁波地区也常以该藻为优势种。2007 年宁海某水库和 2009 年奉化亭下水库中均曾发生过鱼腥藻水华。水华发生时,水体呈黄绿色,水体中无绿色颗粒物,有时会出现明显的絮状或丝状物。

2.1.3 小席藻水华

小席藻又称小胶鞘藻,为蓝藻门常见水华种。宁波鄞州东钱湖地区夏季常见此类水华,当小席藻处于快速增殖初期,藻密度在 1000 万个/L~1 亿个/L 时,水质较清亮,透明度较高。当藻密度大于 1 亿个/L 时,水体呈蓝绿、灰绿或褐色,一般不出现浮膜。

2.1.4 尖头藻 sp. 水华

夏季或初秋的小型封闭型湖泊和池塘中常见

该类水华,宁波地区常以中华尖头藻为优势种。水华发生时,水体呈蓝绿或黄绿色,常出现浮膜。

2.2 绿藻水华

宁波市常见的绿藻水华主要是小球藻水华等,其他如空球藻、栅藻、实球藻、四尾栅藻等为优势种的水华不常发生。绿藻水华发生(或有发生迹象)时,用 PHYTO-PAM 现场检测原水,经仪器自动分析后可在“GREEN”处看到一个较大的响应值(远大于“BROWN”和“BLUE”处的响应值)。小球藻水华为宁波市内河常见水华种类,在富营养化程度高的河道中常年可见。当小球藻水华爆发时,水色墨绿,且水质一般较均匀,水面下 0~3 m 处分层现象不明显。

2.3 硅藻水华

宁波市常见的硅藻水华主要以羽纹藻 sp. 和舟形藻 sp. 为优势种,其他如小环藻、针杆藻等优势种水华不常发生。硅藻水华发生时,用 PHYTO-PAM 现场检测原水,经仪器自动分析后可在“BROWN”处看到一个较大的响应值(远大于“GREEN”和“BLUE”处的响应值)。

2008 年 4 月 30 日东钱湖,5 月慈溪,6 月宁海长板岭以及 2009 年 5 月牟山湖、横山水库、四明湖水库等多个湖库都曾相继爆发过羽纹藻 sp. 水华;鄞州区皎口水库等水库曾多次发现舟形藻 sp. 异常增殖现象。这两类硅藻水华常见于春、秋季的宁波市富营养化湖库中。当羽纹藻 sp. 或微囊藻 sp. 水华爆发时,水体呈褐色,且水质一般较均匀,水面下 0~3 m 分层现象不明显。

2.4 甲藻水华

此类水华仅在 2008 年 5 月于奉化萧王庙镇发现 1 例,以拟多甲藻为优势种,该种和长江三峡水华优势种拟多甲藻相似,为其变种。该水华发生时,用 PHYTO-PAM 现场检测原水,经仪器自动分析后可在“BROWN”处看到一个较大的响应值(远大于“GREEN”和“BLUE”处的响应值),水体中红褐色藻类污染带呈明显带状或丝状。由于拟多甲藻对温度和光照比较敏感,因而其日变化和垂直变化较明显。

2.5 隐藻

隐藻门水华主要以隐藻 sp. 为优势种,全年可出现。宁波地区池塘中常见,封闭型小水库和河

流末端也有发生。次优势种常为小环藻、蓝隐藻和绿球藻等。隐藻爆发时,水体呈褐、红褐、褐绿或褐青色。用 PHYTO-PAM 检测原水时,在仪

器上“BROWN”处响应值较大,且不易稳定。用鲁格氏碘液固定 0.5 h 后再测定,其叶绿素含量明显下降。宁波市常见水华快速检索见图 1。

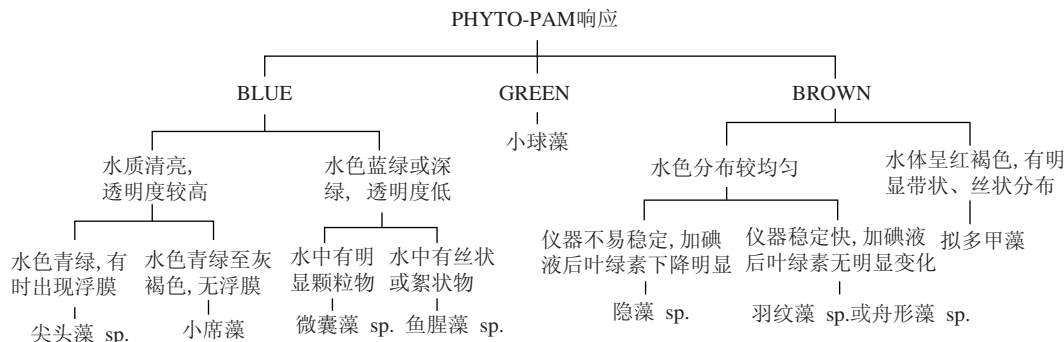


图 1 宁波市常见水华快速检索

3 宁波市常见水华藻影响因子及毒性

用实验室纯种所做的相关单因子环境胁迫实验,可以得出一系列水华藻的影响因子、毒性等相

关参数,有助于了解水华发生的程度和水源的安全性,从而对水华藻类的发展趋势作出科学的估计(表 2)。

表 2 宁波市常见水华藻类相关参数

藻类名称	Chla 含量/[$\mu\text{g} \cdot (10^8 \text{ 个})^{-1}$]	适温范围/ $^{\circ}\text{C}$	快速增殖光合活性	毒素	安全性
微囊藻	14	16~43	0.40~0.55	微囊藻毒素 ^[6,7]	肝毒素 ^[6,7]
鱼腥藻	86	15~40	0.38~0.50	鱼腥藻毒素 ^[8]	神经毒素 ^[8]
小席藻	12	15~40	0.40~0.55	—	无明显急性毒性
尖头藻	32	15~40	0.40~0.52	—	无明显急性毒性
小球藻	21	10~38	0.60~0.75	—	无明显急性毒性
羽纹藻 sp.	36	15~35	0.45~0.58	—	无明显急性毒性
舟形藻 sp.	30	15~35	0.45~0.58	—	无明显急性毒性
拟多甲藻	59	10~28	0.40~0.56	—	无明显毒性 ^[9]
隐藻	44	10~38	—	—	无明显急性毒性

注:a. Chla 含量通过叶绿素 a—密度曲线得出,单位指每 10^8 个细胞中所含叶绿素 a 的质量;b. 适温范围通过温度胁迫实验得出^[10]; c. 快速增殖光合活性根据对数生长期光合活性及水华发生时水表层 0.5 m 处藻光合活性得出;d. 安全性除了微囊藻、鱼腥藻、拟多甲藻可根据国内外相关文献确定外,其余均使用 Delta Tox 急性毒性仪对水华发生地的原水进行毒性测试得出^[11,12]。

3.1 细胞密度与水华爆发程度的快速确定

当水华发生,其优势藻数占总藻数的 90% 以上时,细胞密度可用表 2 换算得到,既可节省细胞计数时间,也可大大降低镜检计数的误差,以便在较短时间内迅速判断水华爆发的程度。

3.2 水华的发展趋势预判

由表 2 中不同藻种的适温范围可知,蓝藻的适

温范围比较高,在较高温度下其增殖的可能性较大;拟多甲藻的适温范围比较低,高温对其有很大的杀伤作用;而小球藻和硅藻的适温范围较宽,一般情况下,温度对其活性的影响不大。

因为叶绿素荧光可以估计光系统 II 的光化学电荷分离的效率,并且所有的电子都是通过光系统 II 泵出,因此环境因子对整个电子传递步骤的任何影响都可以通过叶绿素荧光的变化反映出

来^[13,14]。藻类快速增殖时,其光合活性一般都处于较高水平^[15]。

根据现场实测水温结合光合活性参数,可以预判水华的发展趋势。

3.3 水源安全性判断

微囊藻产生的微囊藻毒素为肝毒素,可以诱发肝癌;鱼腥藻产生的鱼腥藻毒素为神经毒素;其他藻类不产生明显毒素。因此,对于微囊藻和鱼腥藻水华,应时刻关注其毒素产生情况,饮用水必须经过特殊处理后才能供应,必要时采取停水措施。

4 讨论与结论

(1) 浊度较大的水体,由于光路受阻及颗粒物对荧光的散射作用,可能对仪器的响应产生较大影响。

(2) 表2中的数据由实验室纯种所做单因子环境胁迫实验得到,未考虑各环境因子联合叠加胁迫作用,因此对藻类发展趋势的估计需结合水文、气象等其他影响因子。利用神经网络模型的多因子分析,可以作出较高置信概率的趋势估计。

(3) PHYTO-PAM 根据不同藻类所含的色素体受激发时产生的荧光量来测定叶绿素含量,可以分类测定蓝藻、绿藻、硅藻、甲藻以及隐藻的叶绿素含量。由于裸藻所含的多种色素体,不在该仪器检测范围内,纯种的裸藻在仪器上的“BLUE”、“GREEN”和“BROWN”处均有较大响应值。所以,若裸藻密度较高会对测定结果造成较大偏差。

(4) 表2中的安全性一栏显示“无明显急性毒性”或“无明显毒性”是指藻类不直接产生毒素,但不排除水华通过其他方式对水体中的水生生物构成威胁。如高密度的藻类在其死亡时会大量消耗水中的氧气,致使鱼类等水生生物严重缺氧;某些藻类会附着在鱼的鳃盖上,对其呼吸造成一定影响;等等。

(5) 通过现场的观测数据,结合图1的快速检索,能够便捷地找出宁波地区最可能产生的水华种类,为水体管理和决策制定提供科学依据。但是由于该检索表中所提到的水华为宁波市近年来

常见种类,一些本地未见或偶见水华(如小环藻水华、颤藻水华等)并未包含在内。随着该项研究的不断深入,需要及时加以补充。

[参考文献]

- [1] 陈飞勇,刘凤丽,金峰,等. 蓝藻的特征及其水华防治研究[J]. 人民长江,2008,39(2):69-70.
- [2] 周云龙,于明. 水华的发生、危害和防治[J]. 生物学通报,2004,39(6):14-17.
- [3] 王扬才,陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态[J]. 水产学杂志,2004,17(1):91-95.
- [4] 肖培弘. 水华的种类及其识别判断[J]. 内陆水产,2004(2):35.
- [5] 黄广森. 根据水色辨水质[J]. 农村实用工程技术,1996(11):18.
- [6] 傅晓钦,徐能斌,朱丽波,等. 宁波市饮用水源地爆发蓝藻水华时微囊藻毒素的污染分析[J]. 中国环境监测,2008,24(6):80-84.
- [7] 燕晓雯,林晓. 微囊藻毒素危害研究进展[J]. 江苏预防医学,2008,19(4):84-85.
- [8] 李开源,丁明. 云南程海蓝藻毒性研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,1998(3):193-196.
- [9] 周广杰,况琪军,刘国祥,等. 三峡库区藻类水华调查及其毒理学研究[J]. 水生生物学报,2006,30(1):37-40.
- [10] 姜宏波,田相利,董双林,等. 温度和光照强度对鼠尾藻生长和生化组成的影响[J]. 应用生态学报,2009,20(1):185-189.
- [11] 刘新会,侯娟,骆文茹. 环糊精对苯酚基乙酸酯发光菌急性毒性的效应[J]. 毒理学杂志,2005,19(3):187-188.
- [12] 张力军,于洪存. 发光菌的急性毒性试验以及对废弃物毒性的评价[J]. 辽宁城乡环境科技,1999(5):25-28.
- [13] 韩博平,韩志国,付翔,等. 藻类光合作用机理与模型[M]. 北京:科学出版社,2003:130-131.
- [14] VAROTTO C. Identification of photosynthetic mutants Arabidopsis by automatic screening for altered effective quantum yield of photosynthesis 2[J]. Photosynthetica, 2000,38(4):497-504.
- [15] WILHELM C. The biochemistry and physiology of light-harvesting processes in chlorophyll b and chlorophyll-containing algae[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 1990(28): 293-306.